

**ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СЕТИ АНАЛОГОВОЙ РРЛ**

Ильченко М.Е.

Институт телекоммуникационных систем НТУУ “КПИ”

Нарытник Т.Н., Войтенко А.Г.

Институт электроники и связи УААНП, г. Киев

Ибрагимов О.М., Левин Е.Ю., Сватъев В.И.

Запорожский филиал КРРТ, г. Запорожье

**ISSUES TO IMPROVE EFFICIENCY
OF USING OPERATING SYSTEM OF ANALOGUE RADIO-RELAY LINK**

Ilchenko M.E.,

Narytnik T.N., Voitenko A.G.

Ibragimov O.M., Levin E.U., Svatiev V.I.

Введение

Для успешного внедрения цифрового вещания в Украине необходимо решить проблему доставки телевизионных программ к телевизионным передатчикам. Доставка телевизионных программ осуществляется в основном по радиорелейным каналам связи и по спутниковым каналам связи.

В настоящее время существующая сеть радиорелейных линий во всех развитых странах рассматривается, как важный элемент информационной безопасности страны. В нашей стране имеется достаточно обширная сеть аналоговых радиорелейных линий Концерна РРТ. Поэтому одним из эффективных путей решения доставки телевизионных программ является цифровое уплотнение аналоговых стволов действующих радиорелейных линий [1÷5].

Передача программ в формате MPEG-2, при QPSK модуляции (стандарт DVB), позволяет существенно (в несколько раз) уменьшить используемый частотный ресурс. Однако, нынешнее состояние оборудования и антенно-волноводных трактов действующих РРЛ ограничивает символьную скорость передачи транспортного потока [6] в то время, как применение многопозиционной амплитудно-фазовой (QAM) модуляции решает задачу повышения спектральной эффективности за счет снижения символьной скорости при равных битовых скоростях.

Развертывание новой сети цифровых радиорелейных линий с чисто линейным трактом является достаточно дорогим и не является реально возможной реализацией поставленной задачи.

Другой аспект повышения эффективности использования действующих аналоговых РРЛ связан с тем, что загрузка телефонных стволов существующей сети РРЛ уменьшается. Использование высвобождаемых ТФ-стволов для передачи дополнительной телевизионной программы в аналоговом виде, а также для резервирования какого-либо аналогового телевизионного ствола невозможно из-за наличия в нём сигналов служебной связи, телесигнализации и системы автоматического резервирования ствол.

Таким образом, в настоящее время является актуальной задача создания на базе существующих сетей аналоговых радиорелейных линий каналов передачи данных и цифровых телевизионных программ с минимально возможной чувствительностью к искажениям передаваемых цифровых сигналов. При этом особый практический интерес вызывает цифровая передача телевизионных

телевизионных программ в полосе частот ТФ-ствола, свободной от сигналов многоканальной телефонии.

В настоящей статье представлены результаты разработки, испытаний и опытной эксплуатации системы передачи цифрового потока (4 телевизионные программы и 4 потока E1) в полосе частот 28 МГц по каналам существующих аналоговых радиорелейных линий.

Система передачи многопрограммного транспортного потока по стволам аналоговой РРЛ

Использование многопозиционной амплитудно-фазовой (QAM) модуляции позволяет использовать штатное оборудование радиорелейных станций для реализации частотной модуляции символов. Поэтому для передачи цифрового пакета в эфире используется аналоговая частотная модуляция несущей потоком символов, которые несут цифровую информацию. Таким образом, в сущности, по каналу передается ЧМ сигнал, который не только не искажается при ограничении уровня, но и использует это ограничение для исключения паразитной амплитудной модуляции, как у обычной аналоговой радиорелейной линии при передаче ЧМ сигнала. При этом обеспечивается достаточная помехоустойчивость на пролете радиорелейной линии, которая практически равна помехоустойчивости аналогового канала связи.

Повышение числа позиций QAM модуляции повышает спектральную эффективность, но вместе с тем усложняет прием сигнала и усиливает требования к качеству аналогового тракта, что ограничено реальными трактами развернутых радиорелейных линий. Исходя из этого, рекомендуется использовать модуляцию QAM-32 или QAM-64, что позволяет выполнить прием, после предварительного переноса спектра ТВ-сигнала с центральной частотой 4,5 МГц в диапазон стандарта DVB-C, приемниками-тюнерами DVB-C, не предъявляя дополнительных требований к тракту радиорелейных линий.

Система передачи (рисунок 1) содержит следующее основное оборудование:

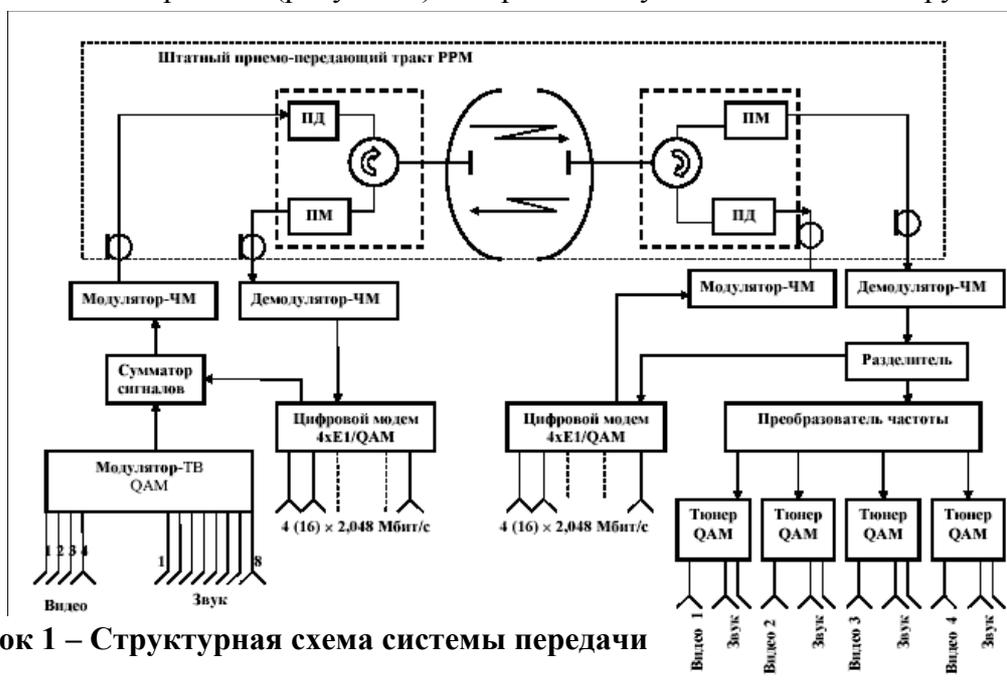


Рисунок 1 – Структурная схема системы передачи

- Модулятор ТВ/QAM
- Цифровой модем 4x E1/QAM
- Сумматор сигналов
- Разделитель сигналов
- Преобразователь частоты

- Тюнер QAM
- Штатный приемо-передающий тракт PPS.

Групповой сигнал цифрового телевидения (DVB-C) на поднесущей в диапазоне от 4,2 до 4,5 МГц в полосе не более 8 МГц с выхода модулятора ТВ/ QAM и выходной сигнал модулятора цифрового модема 4x E1/QAM в диапазоне рабочих частот от 8 до 12 МГц в полосе не более 2,6 МГц через сумматор сигналов поступает на низкочастотный вход модулятора ЧМ (вместо видеосигнала) штатного приемо-передающего оборудования радиорелейной станции.

С выхода модулятора ЧМ сигнал частотой 70 МГц подается на передатчик, где частота 70 МГц преобразуется в СВЧ сигнал, который поступает в антенну. На приемной стороне осуществляются обратные преобразования. Приемник транслирует СВЧ-сигнал на частоту 70 МГц, который подается на вход демодулятора ЧМ.

Организация и проведение испытаний

Данная система была протестирована на действующей многопролетной радиорелейной линии с оборудованием «Курс-6», «Курс-4», «Экспресс», «P600-2МВ», «Гелиос» Запорожского областного радиопередающего центра общей протяженностью до 850 км.

Защищенность от шума радиорелейных стволов на всех участках РРЛ соответствовала нормам Правил технической эксплуатации радиорелейных линий прямой зависимости (КНД-45-205-2003).

Качественные характеристики самого цифрового оборудования его динамический диапазон, помехоустойчивость в отношении к сосредоточенной внеполосной синусоидальной помехе проверялись в аналоговом телевизионном стволе режиме заворота по ПЧ. Помеха, характерная при нестабильной работе ГПД передатчика стойки Пд4 «Курс», имитировалась с помощью сигнала ГСС, который также подавался на Вх.ГС частотного модулятора. Соотношение уровней цифрового телевизионного сигнала и синусоидальной немодулированной помехи соответствовало -37 дБн и -27 дБн (уровень пилот-сигнала 9,023 МГц СО1 «Курс»), соответственно. Другие сигналы, передаваемые в групповом спектре радиорелейного аналогового телевизионного ствола, были исключены. Модемный изометрический шум оконечной стойки соответствовал норме 75 дБ.

В качестве входных телевизионных сигналов изображения, подаваемых на четыре входа цифрового модулятора 4ТВ/QAM, использованы две телевизионные программы (SECAM), сигнал генератора цветных полос (PAL/SECAM) и сигнал $\sin^2 2t$ генератора телевизионных испытательных сигналов Г6-35. Символьная скорость для каждой телевизионной программы составляла 5100 КБ/с.

Эксперименты по передаче цифровых программ телевидения в аналоговом телефонном стволе были проведены в телефонном стволе различной протяженности: 8 пролётов (291,8 км), 10 пролётов (393 км); и 12 пролётов (457,3 км). Защищенность от взвешенного (визометрического) шума (Азш) отдельных участков РРЛ из 8 и 10 пролётов соответствовала эксплуатационно-технической норме 65,1 дБ и 64,2 дБ, соответственно. При работе по кругу из 12 пролётов РРЛ защищенность ствола от шума Азш = 37 дБ была значительно ниже нормы 63,7 дБ, что было обусловлено присутствием в низкочастотной части передаваемого группового спектра сигналов многоканальной телефонии, служебной связи, телесигнализации, резервирования, попадающих в полосу взвешивающего фильтра.

Результаты экспериментов

Результаты, полученные при испытании телевизионного цифрового оборудования в аналоговом телевизионном стволе, приведены в таблице 1. Воздействие внеполосной сосредоточенной помехи, оговоренной выше, не было обнаружено на частотах более 7 МГц

и менее 400 кГц. Однако при меньшей частотной расстройке передача цифрового потока прерывалась.

Полученные результаты свидетельствуют о работоспособности оборудования в широком диапазоне входных уровней сигналов и достаточной помехоустойчивости в отношении внеполосных синусоидальных немодулированных помех, которые могут иметь место при неудовлетворительной настройке ГПД стоек Пд4 «Курс», передаче пилот-сигнала и т.п.

Субъективная оценка качества принимаемого телевизионного сигнала по ВКУ соответствует оценке – отлично. Осложнения классифицируемые, как «брак» - остановка кадра, элементы мозаичного изображения, демонстрация не меняющегося кадра, возникали внезапно и только при значительном (34 дБ) ослаблении уровня сигнала ($S \leq 51\%$). Прочие характерные дефекты – ошибки при синхронизации звука и изображения и т. д, незаметны.

Таблица 1

№ канала	Название	8 пролетов (291,8 км) 10 пролетов (393 км)		12 пролётов (457,3 км)	
		S, %	Q, %	S, %	Q, %
1	ТВ-1	74	94÷98	75	76
2	ТВ-2	74	94÷98	75	77
3	ГЦП	74	94÷98	75	74
4	«sin ² 2Т»	74	93÷97	75	75

Заключение

По результатам натурных испытаний можно сделать вывод, что разработанная система по показателю неготовности и показателю качества по ошибкам полностью соответствует международным нормам по рекомендации МСЭ 821.

Система совместной передачи многопрограммного телевизионного потока и потоков данных по каналам аналоговых радиорелейных линий разработана с целью выполнения растущих требований к передаче по каналам первичной сети разнообразной информации значительных объемов.

Предлагаемая к использованию в первичной сети связи система удовлетворяет нормам международных стандартов, требованиям по качеству и эффективности продукции и может использоваться для доставки телевизионных программ по РРЛ на РТПС.

Использование всей полосы ствола радиорелейной станции, применение стандарта MPEG-4 и QAM модуляции более высоких уровней позволят обеспечить передачу по одному радиоканалу аналоговых радиорелейных линий до 24 и более телевизионных программ.

Литература

[1] Поборчий Е.Д., Плотников А.А. Итоги и перспективы развития техники для внутризонавой и сельской радиосвязи// Электросвязь, 2002., №12., с.17-23.

[2] Немировский А.С., Данилевич О.С., Маримонт Ю.С. и др. Под ред. Немировского А.С. Радиорелейные и спутниковые системы передачи. Учебник для вузов// М.:Радио и связь, 1986, 392 с.

[3] Нарытник Т.Н.. Радиорелейные и тропосферные системы передачи.// Учебное пособие.-К:Концерн «Видавничий дім” Ін Юре”, 2003 р .- 393 с..

[4] Нарытник Т.Н., Волков В.В., Ксензенко П.Я. и др. Цифровизация аналоговых радиорелейных линий. Новая жизнь аналоговых линий связи.// Винахідник і раціоналізатор., 2004, №5, с. 34-36.

[5] Нарытник Т.Н., Войтенко А.Г., Казимиренко В.Я., Сватъев В.И. Система передачи многопрограммного транспортного потока по каналам аналоговой радиорелейной линии „Еврика-КАМ ЧМ”. Патент Украины на полезную модель №11635 от 16.01.2006 с приоритетом от 23.03.2005г.

[6] В.В.Волков, Т.Н.Нарытник, В.Я. Казимиренко. Использование формирователя пакетов ТВ программ для передачи информации по аналоговым каналам радиорелейной линии связи.// Материалы 15-ой Международной Крымской конференции КрыМиКо'2005 «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», 12-16 сентября, 2005, г. Севастополь, Крым, Украина.[